

## Zones de dépôt et points d'érosion dans les méandres et les sinuosités du Geer inférieur (1)

par F. PETIT

Chercheur-doctorant à la Fondation universitaire luxembourgeoise à Arlon

### INTRODUCTION

Rivière de Moyenne Belgique, le Geer prend sa source en Hesbaye, sur les marnes et les sables de l'Eocène. Toutefois, la majeure partie de son bassin hydrographique s'étend sur les craies et les tuffeaux du Crétacé supérieur. La rivière entame localement les sables de l'Oligocène qui apparaissent également sous forme de nombreux placages et dans les poches de dissolution de la craie. Ce substratum, recouvert d'un manteau de limon éolien quaternaire d'une épaisseur variant de 5 à 15 m, est principalement constitué de roches perméables qui ne permettent que de faibles variations des débits de la rivière. Celle-ci coule actuellement dans un lit mineur bien individualisé par rapport à la plaine alluviale, composée presque uniquement de limon, dont l'épaisseur varie entre 4 et 6 m. Cependant, en plusieurs endroits, affleurent des restes de travertins anciens, constitués d'un enchevêtrement de couches de sable et de concrétions calcaires.

Le Geer possède une charge principalement limoneuse ; l'association de ces éléments minéraux fins et des matières organiques, dont l'abondance serait due en grande partie à une pollution humaine, forme une vase. Les éléments sableux et caillouteux y sont rares ; ceux-ci proviennent — quand ils existent — de fragments de silex présents dans les craies ou, dans la partie inférieure de son cours, de galets remaniés des nappes de terrasses de la Meuse très proche.

Notre but est d'étudier le lit mineur de la rivière et de tenter de saisir les processus façonnant son évolution. L'influence de l'homme se marque par des curages occasionnels de la rivière et des rectifications locales de son cours. Dans son aspect naturel, le Geer offre une succession irrégulière de petits tronçons droits affectés de sinuosités, alternant avec des secteurs à méandres libres. Au départ d'une cartographie précise de chacun de ces types de formes, nous avons localisé, au sein de ces derniers, les sites d'érosion et de sédimentation et cherché à établir leur importance.

(1) Cette étude fut effectuée dans le cadre d'un mémoire en Sciences géographiques. Nos plus vifs remerciements s'adressent à M. le professeur P. Macar et à M. J. Alexandre, professeur associé, qui ont dirigé notre travail.

La vaste zone de déjection de l'île d'Yeu est marquée par une distribution de vase assez uniforme dans les plaines et les bas-fonds.

La surface des dépôts de vase est assez régulière. On peut distinguer deux types de déjection :

a) La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez épaisse dans les plaines et assez mince dans les bas-fonds.

b) La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

Les deux types sont assez courants et peuvent coexister dans la même zone de déjection.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

La vase est déposée dans les plaines et les bas-fonds, mais elle est assez mince dans les plaines et assez épaisse dans les bas-fonds.

### Localisation et importance des dépôts de vase

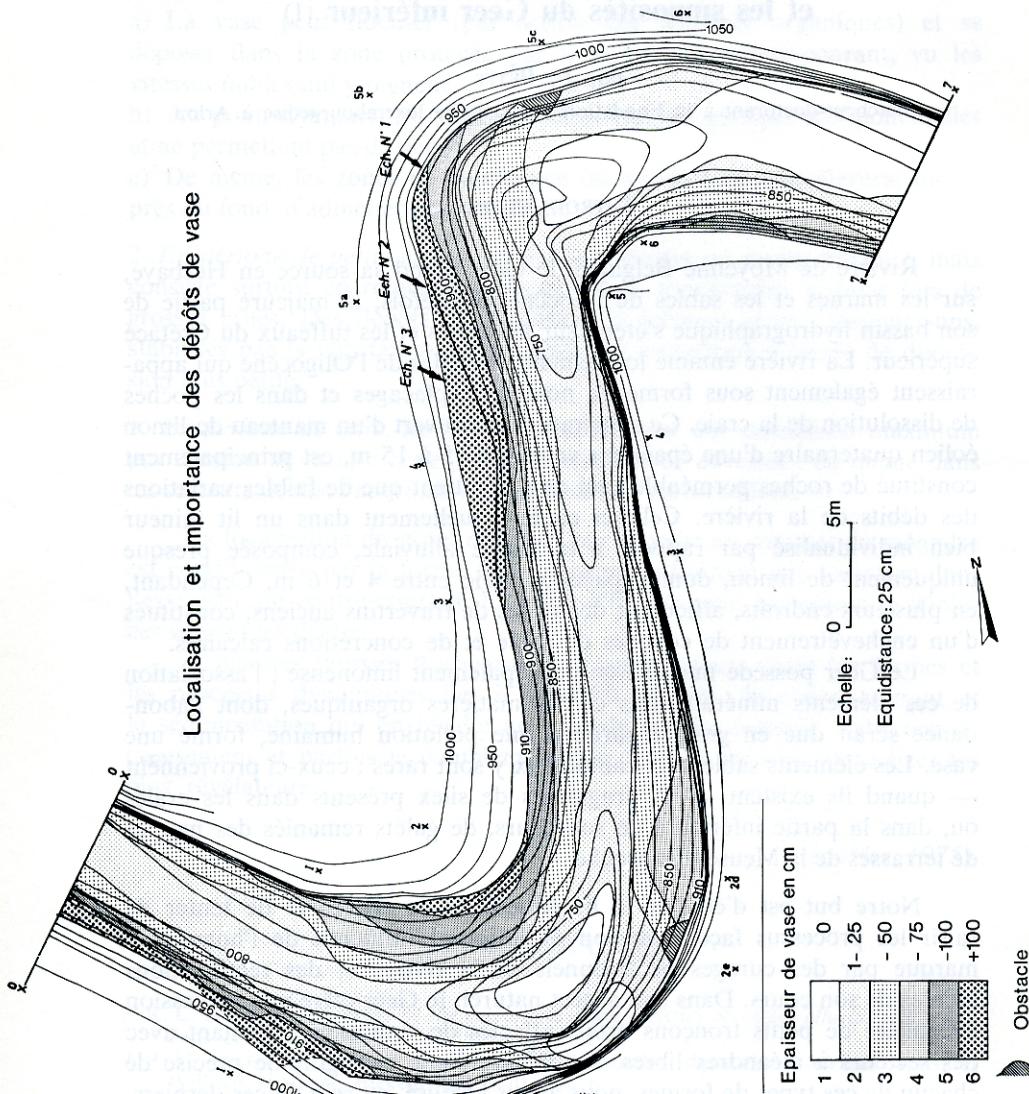


FIG. 1.

Ces localisations et leurs modifications ont été mises en rapport avec l'orientation et la vitesse du courant. La relation qui lie les uns aux autres et la différenciation même des sites, s'avèrent plus accomplies dans les tracés en méandres. Aussi avons-nous choisi au départ un tel secteur d'étude.

### I. — ÉTUDE D'UN SECTEUR À MÉANDRE

#### A. — SITE DE SÉDIMENTATION (fig. 1).

Dans ses grandes lignes, ce secteur montre la morphologie classique d'un méandre. L'alternance des seuils et des cuvettes y est régulière, les rives concaves sont raides. La rive convexe toutefois n'est pas toujours en pente douce ; ainsi, celle de la deuxième boucle est localement en surplomb. Notons d'autres différences au schéma classique : les mouilles ne sont pas localisées directement au pied de la rive concave ; le limon alluvial compacté joue le rôle d'un *bed-rock* ; localement plus résistant, il soutient de petites banquettes apparentes grâce à une rupture de pente. L'une d'elles apparaît le long de la rive concave de la première boucle (entre 2 B et 2 C), entravant la progression de la mouille vers la rive concave. Une autre banquette est localisée au pied de la rive convexe de la deuxième boucle (entre 5 et 6).

En aval de la seconde boucle (entre 6 et 7), la rivière ronge le bas du versant de la vallée et se trouve en présence d'éléments remaniés d'une terrasse. Ceux-ci sont des cailloux roulés mêlés à une matrice limoneuse. A la suite du sapement de la berge, ces éléments grossiers tombent sur le fond du lit, où ils ne peuvent être transportés.

Ils protègent aussi le *bed-rock* limoneux de la rivière et le maintiennent à une faible profondeur, ce qui a pour effet d'augmenter la vitesse du courant et d'empêcher tout dépôt.

Cette topographie du lit mineur sert de cadre à la sédimentation de la vase qui nous est apparue comme un indicateur sensible des zones d'écoulement calme. L'observation de la figure 1 permet de déceler pour l'ensemble du méandre non pas deux zones de dépôts comme dans le schéma classique, mais quatre zones bien individualisées. Ainsi, nous pouvons schématiser la localisation et l'épaisseur des dépôts de vase dans les deux boucles comme suit :

Du tableau I, ci-dessus, nous pouvons dégager trois points communs aux deux boucles, les deux premiers de ces points étant en accord avec le schéma classique :

1. la présence de dépôts au pied d'une partie plus ou moins importante de la rive convexe ;
2. l'absence de ces dépôts dans la partie aval de la rive concave ;

TABLEAU I

1 <sup>re</sup> boucle	Rive concave	Chenal et mouille	Rive convexe
Amont	135 cm	10 cm	15-50 cm
Sommet de la boucle (2-2c)	0 cm	0 cm	115 cm
Aval	10-60 cm	15 cm	110 cm
2 <sup>e</sup> boucle			
Amont	120 cm	5-10 cm	0-10 cm
Sommet	60-80 cm	15-40 cm	+ de 50 cm
Aval	0 cm (1)	5-10 cm	110 cm

(1) L'absence totale de dépôt au pied de cette rive est due à l'augmentation de vitesse du courant, signalée ci-dessus.

3. la présence de dépôts dans la partie amont de la rive concave. Pour la seconde boucle, ces dépôts s'inscrivent dans le prolongement de ceux de la rive convexe de la première boucle, tout en s'individualisant.

Il faut cependant noter deux différences d'une boucle à l'autre : la boucle amont, précédée d'un secteur subrectiligne, s'enrichit de dépôts sur toute la rive connexe, ce qui n'est pas le cas de la seconde ; en outre, un enchevêtrement de branches mortes et de détritus forme un obstacle localisé dans la partie aval de la rive concave de la première boucle, permettant un dépôt de vase atteignant 60 cm d'épaisseur.

Un même obstacle, présent dans la seconde boucle, n'est pas suivi de dépôt. Il est à noter également que la mouille de la seconde boucle est envahie par des dépôts de vase.

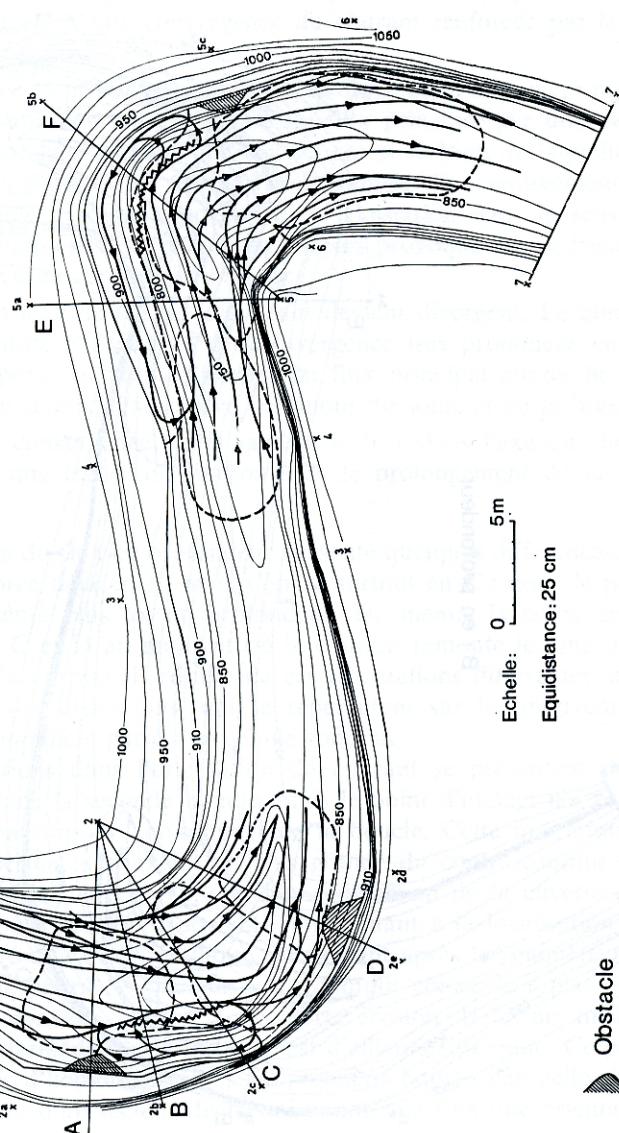
En résumé, si l'on envisage la localisation des sites de sédimentation, on constate que la vase se dépose soit sur une partie, soit tout le long des rives convexes et au pied d'une partie des rives concaves, qui ont cependant une berge raide.

#### B. — PROCESSUS D'ÉROSION ET DE SÉDIMENTATION DANS LE LIT MINEUR (fig. 2A et B).

1. *Orientation du courant.* — Celle-ci a été étudiée à différents niveaux tout au long du secteur. De l'observation des figures 2, il apparaît que chacune des rives est occupée par une cellule de contre-courant. Celle-ci, animée de vitesses faibles, protège la berge de la rive concave des vitesses plus élevées du courant principal.

Pour la partie centrale du bassin, nous avons étudié l'écoulement dans le lit de la rivière et dans les dépressions latérales (fig. 2A) pour déterminer les zones d'érosion et de dépôt.

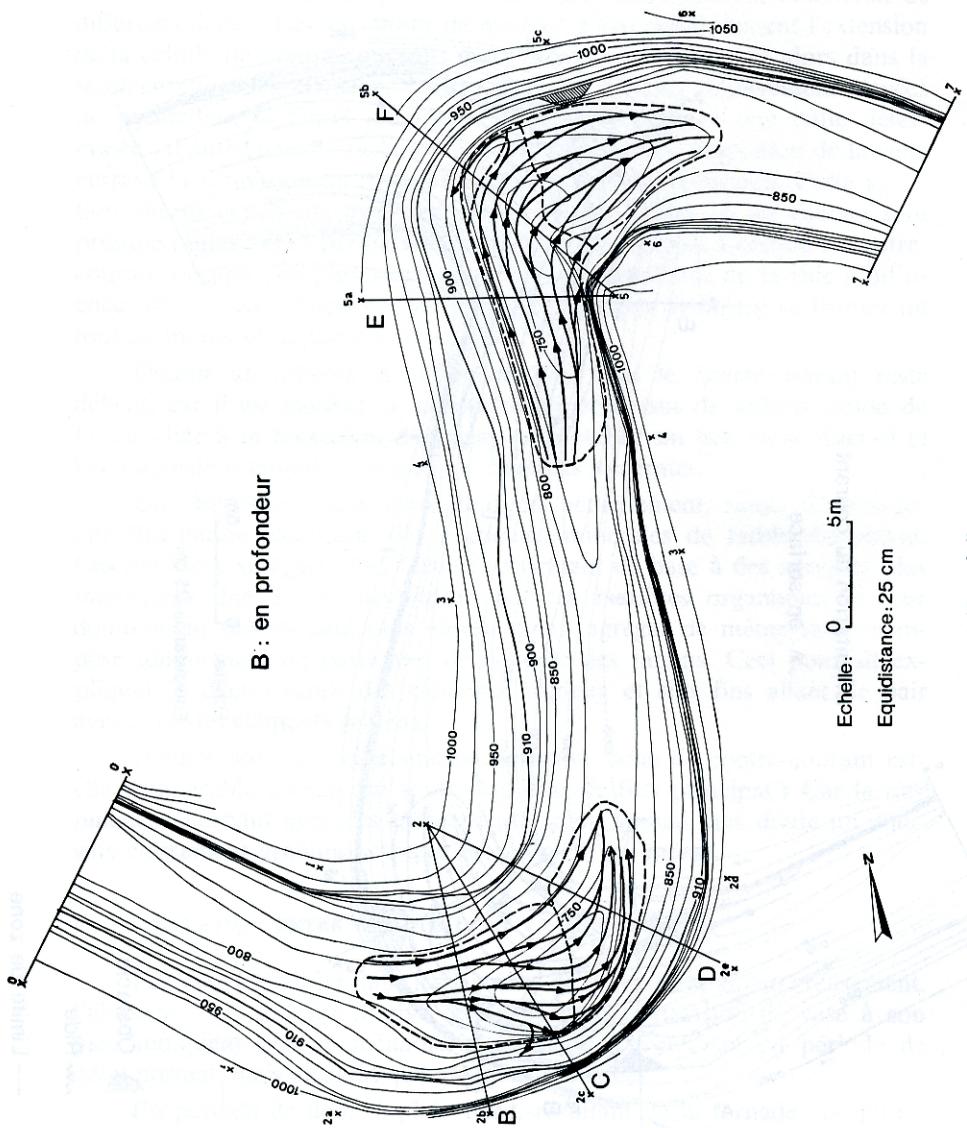
Dans la partie de rive droite en courbe, le courant est parallèle aux rives et l'écoulement est régulier. Dans la partie de rive gauche, le courant passe au-dessus de l'obstacle et l'écoulement est irrégulier.



Orientation du courant :

A : en surface

FIG. 2 A.



Pour la première boucle, la succession des différentes phases d'orientation de la tranche superficielle du plan d'eau (jusqu'à 1 m de la surface) (fig. 2A) peut se résumer selon le schéma suivant :

- a) Dans le tronçon droit précédant la boucle, le courant est parallèle aux berges. Il s'ensuit en A une convergence du courant renforcée par la fin du contre-courant ;
- b) La convergence se prolonge jusqu'en B, quoique étant nettement moins accentuée. Le contre-courant est séparé du flux principal par une petite ride qui se déplace latéralement de 30 à 40 cm et le long de laquelle se forment de petits tourbillons. Ceux-ci sont animés d'un mouvement de rotation très rapide et d'un mouvement de translation dans le sens du courant. Ils résulteraient d'un couple de vitesses provoqué par le freinage du courant vis-à-vis du contre-courant (2) ;
- c) Ce n'est qu'en aval de C que le courant devient divergent. Le contre-courant est engendré à partir de cette divergence très prononcée en un point qui correspond au point d'impact du flux principal contre la rive concave. Ce point d'impact se trouve en amont du sommet de la boucle ;
- d) Une nouvelle convergence en D ramène le flux dans l'axe du chenal central et garde une légère orientation vers le prolongement de la rive concave.

L'orientation du flux en profondeur présente quelques différences. La divergence s'amorce déjà en B, mais s'opère surtout en C ; donc le point d'impact se présente plus tôt en profondeur. De même, la convergence commence entre C et D au moment où le courant remonte le long de la contre-pente de la cuvette. Il résulte de ces orientations différentes selon un même profil des distorsions, qui se répercutent sur les mouvements latéraux. Ils se combinent parfois en cellule continue.

Les fluctuations dans l'orientation du courant se présentent de la même manière dans la seconde boucle, mais le point d'impact n'a pas la même position par rapport au sommet de la boucle. Cette migration du point d'impact permet une extension plus grande du contre-courant tant en largeur qu'en longueur, expliquant l'envahissement de la cuvette centrale par des dépôts de vase. Cette différence quant à la localisation des points d'impact résulte de l'orientation du courant après la première boucle ; en effet, une première divergence s'accomplit contre le replat limoneux de la rive convexe, soumis à une forte érosion. Il forme ainsi un point d'impact intermédiaire où la berge est d'ailleurs fort raide. Ce point d'impact n'a pas d'homologue dans la première boucle car celle-ci est précédée à l'amont d'un secteur droit, qui donne aux flux une orientation parallèle aux berges.

(2) J. SELLIN [ALLEN, 1970] observe en *flume* un même phénomène au contact du lit mineur et du lit majeur en période de crue supérieure au débit à plein bord.

Dans l'ensemble du secteur nous observons donc deux points d'impact principaux contre chaque rive concave ; ils varient dans leur localisation par rapport au sommet des boucles. Un troisième point d'impact intermédiaire, situé contre la rive convexe, résulte de l'orientation du courant au sortir de la première boucle. Les points d'impact sont soulignés par une absence totale de dépôts de vase (pour rappel : fig. 1).

Le contre-courant naît d'une divergence au point d'impact ; il s'organise en une cellule homogène avec axe vertical. Dans la Lienne, M. H. Masson [1971] a également observé des contre-courants sur rive concave Organisés en cellule à axe horizontal, ils y avaient un rôle érosif.

*2. Relation avec les vitesses du courant* (Fig. 3). — Nous avons sélectionné trois profils de vitesses en fonction des différentes orientations du courant. Les mesures ont été effectuées pour une période de débit normal à l'aide d'un moulinet à axe horizontal, orienté parallèlement au courant. De cette façon, nous avons mesuré les vitesses réelles qui sont les plus significatives pour l'érosion et la sédimentation.

La figure 3 a représente le profil de vitesses effectué en c (2-2c), où le courant est déjà diffluent en profondeur et annonce la difffluence en surface. La zone de contre-courant s'individualise déjà du flux principal et en est séparée par une zone de vitesse moyenne nulle correspondant à l'oscillation latérale de la ride.

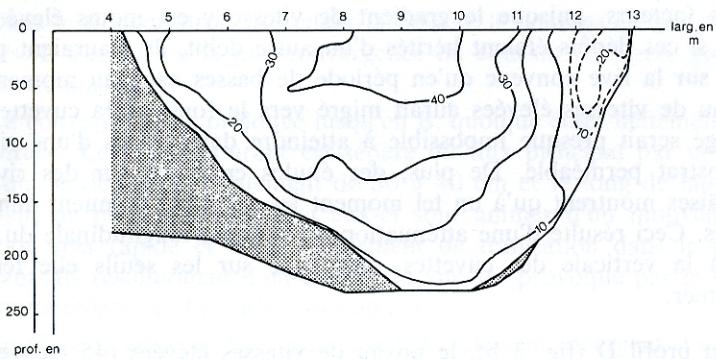
Les vitesses du flux principal sont fortes dans la partie centrale proche de la surface (47 cm/sec), tandis que le long de la rive convexe les vitesses sont faibles (20 cm/sec à 1 m du bord). La vitesse maximale du contre-courant (— 27 cm/sec à 10 cm du bord) ne permet pas l'érosion d'un limon compact constitué principalement de particules de 60 microns (cf. Hjuström [1935] et Sundborg [1956]). La proximité du point d'impact en surface permet de comprendre ces vitesses exceptionnellement élevées pour le contre-courant et l'absence de dépôt sur la rive concave.

Vu dans son ensemble, ce profil, correspondant à une difffluence, se marque par une augmentation ponctuelle de la vitesse au pied de la rive concave, résultant du point d'impact en profondeur, et par des vitesses faibles à proximité du fond même si elles restent élevées en surface. Cependant, la mouille est bien lavée, alors que le gradient de vitesse à proximité du fond est faible, tandis que sur la rive convexe, ce gradient plus élevé et les dépôts y dépassent 50 cm d'épaisseur. Le gradient de vitesse à proximité du fond est un facteur important pour déterminer la sédimentation ou l'érosion ; mais il reste une difficulté, celle de connaître l'épaisseur de la lame d'eau à partir du fond, épaisseur dont il faut tenir compte pour trouver le gradient de vitesse critique.

Tels qu'ils se présentent sur ce profil, ces dépôts pourraient être hérités d'un débit et, par conséquent, d'un profil de vitesses différents de ceux de la figure 3.

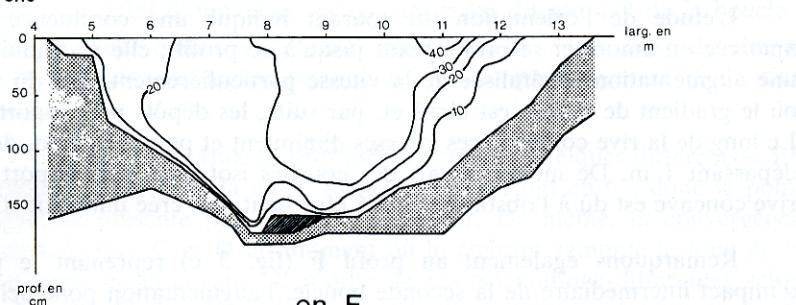
## Profil de vitesse: en C

Rive convexe



## : en D

Rive convexe



## : en F

Rive concave

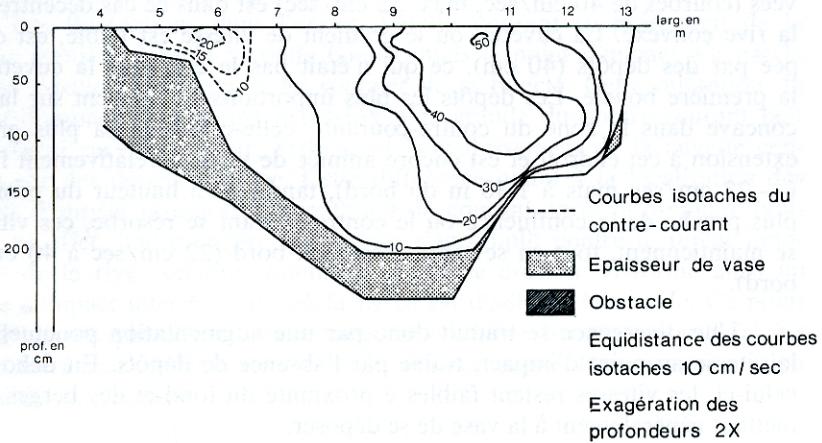


FIG. 3.

Dans l'hypothèse d'une forme en équilibre avec un débit normal, le gradient de vitesse serait alors trop faible sur la rive convexe et y permettrait des dépôts. Mais alors, pour la cuvette, il faudrait faire intervenir d'autres facteurs, puisque le gradient de vitesse y est moins élevé. Par contre, si ces dépôts étaient hérités d'un autre débit, ils n'auraient pu se former sur la rive convexe qu'en période de basses eaux au moment où le noyau de vitesses élevées aurait migré vers le fond de la cuvette. Un tel étage serait presque impossible à atteindre dans le cas d'une rivière sur substrat perméable. De plus, des études en cours sur des rivières ardennaises montrent qu'à un tel moment les vitesses diminuent dans les mouilles. Ceci résulte d'une atténuation de la pente longitudinale du plan d'eau à la verticale des cuvettes, alors que sur les seuils elle tend à s'accentuer.

Au profil D (fig. 3 b), le noyau de vitesses élevées (45 cm/sec au max.) est plus restreint, mais les vitesses restent fortes en profondeur. (Ainsi, à 25 cm de fond, la vitesse est encore de 30 cm/sec).

L'étude de l'orientation du courant indique une confluence déjà amorcée en amont et se prolongeant jusqu'à ce profil ; elle se traduit par une augmentation généralisée de la vitesse particulièrement près du fond, où le gradient de vitesse est élevé et, par suite, les dépôts peu importants. Le long de la rive convexe, ces vitesses diminuent et permettent des dépôts dépassant 1 m. De même, l'écart des courbes isotaches par rapport à la rive concave est dû à l'obstacle signalé plus haut, qui crée une zone d'abri.

Remarquons également au profil F (fig. 3 c) reprenant le point d'impact intermédiaire de la seconde boucle, l'augmentation ponctuelle de la vitesse du courant contre la butte limoneuse. Le noyau de vitesses élevées (courbes de 40 cm/sec, max. 52 cm/sec) est dans ce cas décentré vers la rive convexe. La cuvette, où le gradient de vitesse est faible, est occupée par des dépôts (40 cm), ce qui n'était pas le cas dans la cuvette de la première boucle. Les dépôts les plus importants se trouvent sur la rive concave dans la zone du contre-courant ; celle-ci atteint sa plus grande extension à cet endroit et est encore animée de vitesses relativement fortes (— 23 cm/sec mais à 1,30 m du bord), tandis qu'à hauteur du profil E, plus proche de la confluence où le contre-courant se résorbe, ces vitesses se maintiennent, tout en se rapprochant du bord (22 cm/sec à 40 cm du bord).

Une divergence se traduit donc par une augmentation ponctuelle de la vitesse au point d'impact, trahie par l'absence de dépôts. En dehors de celui-ci, les vitesses restent faibles à proximité du fond et des berges, permettant généralement à la vase de se déposer.

Par contre, une convergence se marque par une augmentation de la vitesse spécialement à proximité du fond où le gradient est élevé. Toute-

fois ces vitesses diminuent contre la rive convexe et la sédimentation s'accroît.

### C. — SÉDIMENTATION DANS LA ZONE DE CONTRE-COURANT.

Rappelons que l'impact du flux principal engendre un contre-courant le long de la rive concave ; celle-ci est protégée de l'action du flux principal par des courants animés de vitesses plus faibles.

En dehors du point d'impact, les dépôts peuvent atteindre une épaisseur considérable (plus d'un mètre).

Afin de déterminer la composition granulométrique de la partie minérale de ces vases, nous avons analysé 3 échantillons prélevés dans la zone du contre-courant de la seconde boucle.

L'analyse granulométrique faite par lévigation après calcination des vases peut se résumer par le tableau suivant :

TABLEAU II

	< 60 $\mu$	20 à 60 $\mu$	< 20 $\mu$
1	9,6 %	42,0 %	48,4 %
2	2,0 %	69,6 %	38,4 %
3	0,8 %	77,2 %	22,0 %

Notons que la proportion d'éléments sableux est faible (au maximum 10 %) et décroît de l'aval vers l'amont. De même, la fraction argileuse et de silts fins ( $< 20 \mu$ ) décroît également vers l'amont à l'inverse de la proportion de silts grossiers (entre 20-60  $\mu$ ).

Ce classement longitudinal n'apparaît pas conforme au schéma classique. De plus, les vitesses du contre-courant restent quand même trop élevées pour permettre même la sédimentation des éléments sableux. En effet d'après Hjulström [1935] et Sundborg [1956], la sédimentation de particules de 100 microns requiert une vitesse inférieure à 0,75 cm/sec, alors que dans le contre-courant elles sont encore de 10 cm/sec à 20 cm du bord pour un débit moyen. Cependant, ces courbes ne sont valables que pour des particules minérales ; or la vase est très riche en matière organique (jusqu'à 20 % du sédiment sec) ; celle-ci aurait comme action de permettre une flocculation des éléments minéraux, qui se déposeraient alors sous formes d'agrégats plus importants (3).

(3) C. FRANCIS-BOEUF, [1942], a déjà observé dans les rivières françaises, où l'on rencontre également de ces vases, un transport de petits flocons composés de matières organiques qui se déposent dans les zones calmes où la turbulence est faible.

Ces dépôts se présentent en couches stratifiées de composition granulométrique différente, comme l'ont prouvé des analyses de sédiments prélevés ultérieurement aux mêmes endroits.

Ainsi la sédimentation dans la zone du contre-courant résulterait de différents débits. Les variations de hauteur d'eau conditionnent l'extension de la cellule du contre-courant ; deux facteurs interviennent alors dans la sédimentation des éléments : d'une part, les vitesses relativement élevées ne permettent le dépôt d'agrégats que s'ils atteignent une taille déterminée ; d'autre part, la turbulence, étroitement liée à l'agitation de la ride, entrave la formation de ces agrégats ou rompt leur cohésion. Cette agitation alterne cependant avec des moments plus calmes où les vitesses sont presque nulles ; elles permettent alors la sédimentation. Lorsque le contre-courant occupe une plus large extension, la turbulence de la ride n'influence plus la sédimentation ; les plus gros agrégats semblent se former ou tout au moins se déposer à cet endroit.

Définir un schéma de sédimentation dans le contre-courant reste délicat, car il est malaisé de connaître les processus de sédimentation de la vase liée à la formation d'agrégats et d'établir un lien entre ceux-ci et la composition granulométrique des éléments minéraux.

Une hypothèse, que nous étudions actuellement, serait d'envisager une flocculation électrique des particules minérales de faible dimension. Ces premiers agrégats ainsi formés serviraient de base à des agrégats plus importants dus à une flocculation par les matières organiques et leur donneraient une densité plus élevée qu'un agrégat de même taille composé uniquement de particules de la taille des limons. Ceci pourrait expliquer la décroissance des éléments argileux et silts fins allant de pair avec celle des éléments sableux.

D'autre part, la sédimentation dans une zone de contre-courant est-elle comparable à celle qui se produit dans le flux principal ? Car la turbulence alternant avec des moments de calme donne sans doute un mauvais classement granulométrique au sédiment lui-même.

#### D. — RELATION ENTRE LES DÉBITS ET LA MORPHOLOGIE.

Les vitesses faibles dans les cuvettes ne permettant aucun creusement, l'absence d'érosion sur la rive concave et l'accumulation de vase à son pied indiquent que ce méandre n'évolue plus fortement en période de débit normal, mais ne subit que quelques retouches.

En période de débit à plein bord, résultant de la tornade exceptionnelle du 26 août 1971, nous avons observé que le contre-courant existait toujours, même si le point d'impact avait un peu migré vers l'amont. Grâce à un tel déplacement, le point d'impact entretient l'érosion sur une partie de la courbure.

Cependant lors de crues importantes, supérieures au débit à plein bord (4), le coussinet protecteur disparaît très probablement, puisqu'il faut admettre l'érosion de l'amont de la rive concave à un certain moment ; ou alors, les vitesses du contre-courant, s'il existe toujours, doivent augmenter considérablement. Elles semblent même presque impossibles à atteindre : la vitesse étant de 50 cm/sec pour éroder le limon compact de la berge.

Ainsi, ce méandre aurait été façonné lors de grosses crues et la rive concave érodée à ce moment, soit par disparition du contre-courant, soit par une augmentation importante de sa vitesse. Actuellement il ne se fait plus entretenir qu'aux points d'impact.

## II. — MÉANDRE INCIPIENT (fig. 4)

Ce secteur se présente sous forme d'une inflexion du lit mineur dans la plaine alluviale et se prolonge par un tronçon rectiligne de 200 m environ.

Dans le détail (fig. 4), un important dépôt de vase horizontal (périodiquement envahi par les eaux) occupe une partie importante de la rive gauche. Cette berge est peu marquée, tandis que la rive droite présente une pente forte (spécialement en aval). Une cuvette fort importante se trouve au bord de la rive gauche juste en amont du dépôt, mais reprend une position centrale à partir du profil B.

Au départ, ce secteur se présentait comme une boucle de la rivière caractérisée par une cuvette au pied de sa rive concave. Un dépôt important s'y est alors constitué ; il est dû à un obstacle du même type que celui rencontré dans la première boucle du méandre libre, et non à un seuil. Ce dépôt chasse maintenant le courant sur la rive opposée, soumise à une érosion locale, même pour un débit normal. Cet obstacle et le dépôt qu'il a permis ont placé la rivière dans de nouvelles conditions morphologiques. Ainsi, le dépôt transforme ce coude en un méandre complet mais fort étiqueté (5). Cette forme, de dimension plus restreinte que le méandre libre, est à mettre en rapport avec des débits plus faibles. Comme dans le cas précédent, nous pouvons distinguer quatre cellules de sédimentation, cependant plus exiguës vu la forme ramassée de ce méandre.

La succession des différentes phases d'orientation du courant se présente de la même manière que dans le secteur à méandre. Ainsi, une zone de contre-courant protège la rive concave de la première boucle, permettant des dépôts de vase d'une épaisseur de 135 cm. Ceux-ci sont absents

(4) Celles-ci, peu fréquentes vu le sous-sol perméable, n'ont pu être observées pendant la durée de notre étude.

(5) Le point d'inflexion entre les deux boucles se situerait selon le profil B, pour une période de débit normal coïncidant avec la courbe de 935 dans la figure 4.

### Localisation et importance des dépôts de vase

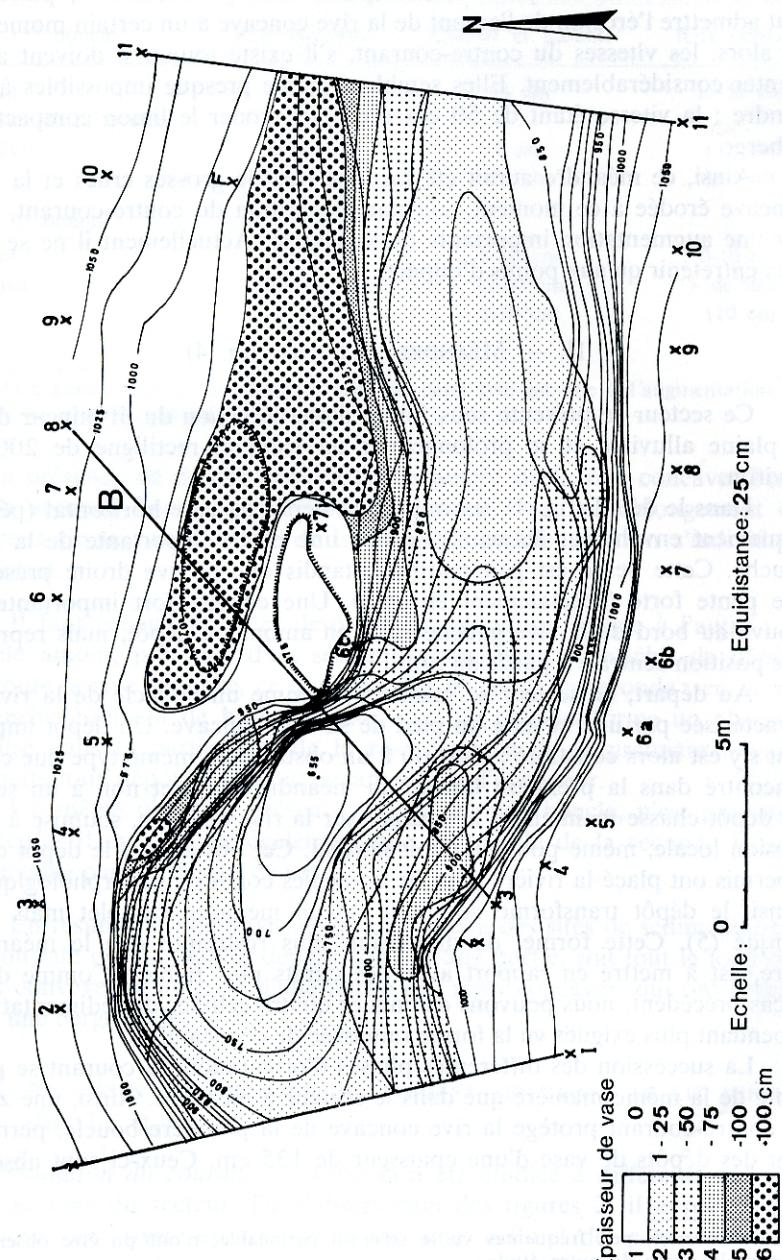


FIG. 4.

TABLEAU III

	Rive gauche	Rive droite
1 <sup>ère</sup> boucle	Rive concave	Rive convexe
Amont	Faible accumulation prenant de plus en plus d'importance (135 cm)	Accumulation d'abord faible (50 cm)
Aval	Erosion au point d'impact	devenant importante (80 cm au maximum)
2 <sup>e</sup> boucle	Rive convexe	Rive concave
Amont	Erosion dans le prolongement du point d'impact	Accumulation de plus en plus faible
Aval	Accumulation très importante (dépôt horizontal 160 cm)	Erosion de la banquette et de la berge

au point d'impact du flux principal, où des racines d'arbustes trahissent une érosion. Par contre, la rive concave de la seconde boucle n'est que localement protégée par le contre-courant ; la berge a en effet reculé de près de 50 cm en un an sans qu'aucune grosse crue ne se soit manifestée.

L'analyse de 8 échantillons prélevés après une petite montée d'eau, de l'ordre de 30 cm, permet de voir :

- Qu'il y a alors renforcement du dépôt subhorizontal par sédimentation d'éléments, dont la granulométrie dépend de conditions microtopographiques, influençant la vitesse du courant ;
- Qu'une plus grande proportion de matière organique dans un sédiment coïncide avec une fraction plus importante d'éléments inférieurs à 20 microns ;
- Que le pédoncule reliant la butte A à la berge se présentant comme un seuil, évolue en levée naturelle par apport d'éléments sableux.

Cette sinuosité et la cuvette sont dues à un débit de crue semblable à celui qui a façonné le méandre libre. La surimposition d'un dépôt lié à un débit plus faible a modifié les conditions morphologiques des sites d'érosion et de sédimentation, transformant cette boucle en méandre incipient.

### III. — CONCLUSION

Les formes et les dépôts peuvent être mis en relation avec différents stades de débit. Ainsi :

1. *En période de débit normal*, les sites d'érosion et de sédimentation sont restreints. Leur localisation mise en rapport avec les processus dynamiques, correspond à trois zones remarquables dans un méandre, outre la rive convexe :

- a) La vase peut floculer (par action des matières organiques) et se déposer dans la zone protégée par la cellule du contre-courant, vu les vitesses faibles qui y règnent.
- b) Au point d'impact, les vitesses restent élevées quoique très ponctuelles et ne permettent pas de dépôt.
- c) De même, les zones de confluence où les vitesses sont élevées, même près du fond, n'admettent pas de dépôt.

2. *En période de petite crue*, l'action de la rivière est moins modeste, mais consiste surtout en retouches opposées à la topographie acquise lors de grosses crues. Des dépôts de transition se forment alors ; quelques-uns, stabilisés par la végétation, engendrent une méandration locale de dimension plus petite.

3. *En période de crue*, les méandres acquièrent une dimension maximum par érosion de la rive concave et creusement de cuvettes ; de même dans les secteurs droits, l'alternance seuil-mouille s'amorce alors.

La localisation du point d'impact par rapport au sommet du méandre est conditionnée par la forme du lit mineur, entraînant une variation dans l'extension du contre-courant. Le point d'impact peut également se déplacer suivant les débits.

A maintes reprises il apparaît une nette rupture entre les formes et les processus dynamiques liés à un débit normal ; le contre-courant et la sédimentation qui en résulte au pied de la rive concave, l'absence de creusement et parfois le comblement des cuvettes en sont les indices les plus révélateurs.

(Janvier 1975).

#### BIBLIOGRAPHIE

- J. R. L. ALLEN. — *A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments*, dans *Sedimentology*, vol. 5, 1955, pp. 89-191.
- J. R. L. ALLEN. — *Physical processes of sedimentation*, dans *Earth sciences series*, 1, Willmer brothers, Birkenhead, 1970, 248 p.
- J. BOURCART et C. FRANCIS-BOEUF. — *La vase*. Actualités scientifiques et industrielles, Hermann & Cie, Paris, 1942, 67 p.
- G. DESAULNIERS et M. FRENETTE. — *Contribution to the study of erosion and deposition mechanisms in River bends*. Chap. 10 : *Sedimentation*, 19 p., Fort Collins, Colorado, 1972.
- F. HJULSTRÖM. — *Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the river fyris*, dans *Bull. of the Geol. Instit. of Upsala*, vol. XXV, 1935, pp. 219-527.

- L. B. LEOPOLD, M. G. WOLMAN et J. P. MILLER. — *Fluvial processes in Geomorphology*, Freeman & Cy, San Francisco and London, 1964, 522 p.
- M. H. MASSON. — *Contribution à l'étude de la dynamique fluviale de la Lienne*. Mémoire de Licence en Sciences géographiques, Liège, 1971 (inédit).
- A. SUNDBORG. — *The river Klarälven. A study of fluvial processes*, dans *Geografiska Annaler*, n° 38, 1956, pp. 127-316.
-